

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 100 65 460 A 1**

51 Int. Cl. 7:
H 01 M 8/04

21 Aktenzeichen: 100 65 460.6
22 Anmeldetag: 28. 12. 2000
43 Offenlegungstag: 16. 8. 2001

DE 100 65 460 A 1

30 Unionspriorität:
491308 25. 01. 2000 US

71 Anmelder:
General Motors Corporation, Detroit, Mich., US

74 Vertreter:
Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80538 München

72 Erfinder:
Mathias, Mark F., Pittsford, N.Y., US; Grot, Stephen
A., Bear, Del., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 System und Verfahren zur Steuerung des Feuchtigkeitsniveaus einer Brennstoffzelle

57 Es ist ein System zur Steuerung des Feuchtigkeitsniveaus einer Brennstoffzelle vorgesehen. Das System umfaßt eine Brennstoffzelle, eine Befeuchtungseinrichtung zur Befeuchtung der Brennstoffzelle und eine Steuerung zur Bestimmung des Feuchtigkeitsniveaus der Brennstoffzelle und zur Steuerung der Befeuchtungseinrichtung in Ansprechen auf das bestimmte Feuchtigkeitsniveau. Der Widerstand der Brennstoffzelle variiert als Funktion des Feuchtigkeitsniveaus der Brennstoffzelle. Somit berechnet bei einem bevorzugten System die Steuerung den Widerstand der Brennstoffzelle, um das Feuchtigkeitsniveau der Brennstoffzelle zu bestimmen. Ein Verfahren zur Steuerung des Feuchtigkeitsniveaus einer Brennstoffzelle ist auch vorgesehen. Die Schritte des Verfahrens umfassen: Bestimmen des Feuchtigkeitsniveaus der Brennstoffzelle und Befeuchtung der Brennstoffzelle in Ansprechen auf das bestimmte Feuchtigkeitsniveau. Bei einem bevorzugten Verfahren umfaßt der Schritt zur Bestimmung des Feuchtigkeitsniveaus der Brennstoffzelle die Berechnung des Widerstandes der Brennstoffzelle.

DE 100 65 460 A 1

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Brennstoffzelle und insbesondere ein System und ein Verfahren zur Steuerung des Feuchtigkeitsniveaus einer Brennstoffzelle.

Hintergrund der Erfindung

Brennstoffzellen haben bei vielen Anwendungen als Energiequelle Verwendung gefunden. Brennstoffzellen sind auch zum Gebrauch bei elektrisch Fahrzeugantrieben als Ersatz für Verbrennungsmotoren vorgeschlagen worden. Eine Brennstoffzelle mit Festpolymerelektrolyt umfaßt eine Membran, die in einer geschichteten Beziehung zwischen einer Anode und einer Kathode angeordnet ist. Um durch eine elektrochemische Reaktion Elektrizität zu erzeugen, wird Wasserstoff (H_2) an die Anode und Luft oder Sauerstoff (O_2) an die Kathode geliefert. In einer ersten Halbzellenreaktion erzeugt eine Dissoziation des Wasserstoffes (H_2) an der Anode Wasserstoffprotonen (H^+) und Elektronen (e^-). Die Membran ist protonenleitfähig und dielektrisch. Folglich werden die Protonen durch die Membran transportiert, während die Elektronen durch eine über die Elektroden verbundene elektrische Last fließen. Auf diese Art und Weise wird Elektrizität erzeugt. In einer zweiten Halbzellenreaktion reagiert Sauerstoff (O_2) an der Kathode mit Protonen (H^+), und Elektronen (e^-) werden aufgenommen, um Wasser (H_2O) zu bilden.

Um wirksam zu arbeiten, oder mit anderen Worten, um eine maximale Elektrizitätsmenge zu erzeugen, muß die Brennstoffzelle richtig befeuchtet werden. Folglich wird der Wasserstoffstrom und/oder der Luftstrom typischerweise durch eines von mehreren, in der Technik bekannten Verfahren befeuchtet. Jedoch besteht bei bekannten Befeuchtungsverfahren die Gefahr, daß zu viel oder zu wenig Feuchtigkeit durch die Wasserstoff- und Luftströme an die Brennstoffzelle geliefert wird. Die Lieferung von zu viel Feuchtigkeit an die Brennstoffzelle blockiert den Zugriff der Reaktionsgase auf den Katalysator, wodurch die elektrochemische Reaktion zwischen dem Wasserstoff und der Luft behindert und die Erzeugung von Elektrizität verringert wird. Die Lieferung von zu wenig Feuchtigkeit an die Brennstoffzelle beschränkt oder begrenzt den Protonentransport, der für die Reaktion in der Brennstoffzelle erforderlich ist. Demgemäß besteht ein Bedarf, ein System und ein Verfahren zur Steuerung des Feuchtigkeitsniveaus einer Brennstoffzelle vorzusehen.

Zusammenfassung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung sieht ein System zur Steuerung des Feuchtigkeitsniveaus einer Brennstoffzelle vor. Das System umfaßt eine Brennstoffzelle, eine Befeuchtungseinrichtung zur Befeuchtung der Brennstoffzelle und eine Steuerung zur Bestimmung des Feuchtigkeitsniveaus der Brennstoffzelle und zur Steuerung der Befeuchtungseinrichtung in Ansprechen auf das bestimmte Feuchtigkeitsniveau. Der Widerstand der Brennstoffzelle variiert als eine Funktion des Feuchtigkeitsniveaus der Brennstoffzelle. Somit berechnet bei einem bevorzugten System die Steuerung den Widerstand der Brennstoffzelle, um das Feuchtigkeitsniveau der Brennstoffzelle zu bestimmen.

Die vorliegende Erfindung sieht auch ein Verfahren zur Steuerung des Feuchtigkeitsniveaus einer Brennstoffzelle vor. Die Schritte des Verfahrens umfassen: Bestimmen des Feuchtigkeitsniveaus der Brennstoffzelle und Befeuchten

der Brennstoffzelle in Ansprechen auf das bestimmte Feuchtigkeitsniveau. Bei einem bevorzugten Verfahren umfaßt der Schritt zur Bestimmung des Feuchtigkeitsniveaus der Brennstoffzelle die Berechnung des Widerstandes der Brennstoffzelle.

Zeichnungskurzbeschreibung

Die verschiedenen Merkmale, Vorteile und anderen Anwendungen der vorliegenden Erfindung werden durch Bezugnahme auf die folgende Beschreibung und die Zeichnungen offensichtlich, in welchen:

Fig. 1 eine bildliche Darstellung eines Querschnittes eines Membranelektrodenaufbaus einer Brennstoffzellenaufbaues ist;

Fig. 2 ein schematisches Diagramm eines Systemes zur Steuerung des Feuchtigkeitsniveaus einer Brennstoffzelle gemäß der vorliegenden Erfindung ist;

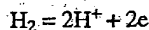
Fig. 3A-3C Diagramme sind, die die Beziehung zwischen den Feuchtigkeitsniveaus von Zufuhrströmen der Brennstoffzelle, dem Widerstand der Brennstoffzelle bzw. der Spannung der Brennstoffzelle darstellen; und

Fig. 4 ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen dem Strom einer Brennstoffzelle und dem Hochfrequenzwiderstand der Brennstoffzelle bei verschiedenen Feuchtigkeitsniveaus der Zufuhrströme darstellt.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

Fig. 1 ist eine bildliche Darstellung eines Querschnittes eines Membranelektrodenaufbaues (MEA) 12 einer Brennstoffzellenaufbaues 10 mit Protonenaustauschmembran (PEM). Der Membranelektrodenaufbau 12 umfaßt eine Membran 14, eine Kathode 16 und eine Anode 18. Die Membran 14 ist in einer geschichteten Beziehung zwischen der Kathode 16 und der Anode 18 angeordnet. Ein Kathodendiffusionsmedium 20 ist schichtartig benachbart zu der Kathode 16 gegenüberliegend der Membran 14 angeordnet. Ein Anodendiffusionsmedium 24 ist schichtartig benachbart zu der Anode 18 gegenüberliegend der Membran 14 angeordnet. Der Brennstoffzellenaufbau 10 umfaßt ferner einen Kathodenströmungskanal 26 und einen Anodenströmungskanal 28. Der Kathodenströmungskanal 26 empfängt Sauerstoff oder Luft (O_2) und lenkt den Sauerstoff oder die Luft an das Kathodendiffusionsmedium 20. Der Anodenströmungskanal 28 empfängt Wasserstoff (H_2) und lenkt diesen an das Anodendiffusionsmedium 24.

Bei der elektrochemischen Brennstoffzelle 10 ist die Membran 14 eine kationendurchlässige, protonenleitende Membran, die H^+ -Ionen als das mobile Ion aufweist; das Brennstoffgas ist Wasserstoff (H_2); und das Oxidationsmittel ist Sauerstoff oder Luft (O_2). Die Gesamtzellenreaktion umfaßt die Oxidation von Wasserstoff in Wasser und die jeweiligen Reaktionen an der Anode 18 und der Kathode 16 lassen sich wie folgt darstellen:



Da als das Brennstoffgas Wasserstoff verwendet wird, ist das Produkt der Gesamtzellenreaktion Wasser. Typischerweise wird das Produkt Wasser an der Kathode 16 ausgeschieden, die eine poröse Elektrode mit einer Elektrokatalysatorlage auf der Sauerstoffseite ist. Es können Mittel, nicht gezeigt, vorgesehen sein, um das Wasser zu sammeln, wenn es gebildet wird, und dieses von dem MEA 12 des Brenn-

stoffzellenaufbaues 10 wegzutragen.

Die Zellenreaktion erzeugt einen Protonenaustausch in einer Richtung von dem Anodendiffusionsmedium 24 in Richtung des Kathodendiffusionsmediums 20. Auf diese Art und Weise erzeugt der Brennstoffzellenaufbau 10 Elektrizität. Eine elektrische Last 30 ist elektrisch über den MEA 12 mit dem Kathodendiffusionsmedium 20 und dem Anodendiffusionsmedium 24 verbunden, um die Elektrizität aufzunehmen.

Um wirksam zu arbeiten, oder mit anderen Worten, die maximale Menge an Elektrizität zu erzeugen, muß der Brennstoffzellenaufbau 10 richtig befeuchtet werden. Typischerweise wird der an den Kathodenströmungskanal 26 gelieferte Luftstrom und/oder der an den Anodenströmungskanal 28 gelieferte Wasserstoffstrom auf eine von mehreren Arten, die in der Technik bekannt sind, befeuchtet. Bei einem üblichen Verfahren werden die Anodengase und/oder Kathodengase an eine Membranbefeuchtungseinrichtung gelenkt, bevor sie in die Brennstoffzelle geführt werden. Die Befeuchtungseinrichtung kann entweder extern bezüglich der Brennstoffzelle vorgesehen sein oder sie kann einen Abschnitt in dem Brennstoffzellenstapel umfassen. Bei einem anderen Verfahren kann die Brennstoffzelle auch durch die Verwendung von wassersaugenden Materialien ("Dochtwirkung") befeuchtet werden, wie in den U. S. Patenten Nr. 5,935,725 und 5,952,119 offenbart ist, die Wasser von einem Reservoir zu dem MEA 12 führen. Alternativ dazu kann Dampf oder ein Wassernebel (H_2O) in sowohl den Kathodenstrom als auch den Anodenstrom eingesprüht werden, um diese Ströme oberstromig oder innerhalb des Brennstoffzellenstapels zu befeuchten. Bei einem noch weiteren Verfahren kann ein Sauerstoffstrom in den Wasserstoffstrom oberstromig des Anodenströmungskanales 28 eingesprüht werden, um eine kleine Menge an H_2 zu reagieren und H_2O zu erzeugen, um den Wasserstoffstrom zu befeuchten.

Fig. 2 ist ein schematisches Diagramm eines Systemes 40 zur Steuerung des Feuchtigkeitsniveaus einer Brennstoffzelle gemäß der vorliegenden Erfindung. Das System 40 umfaßt den Brennstoffzellenaufbau 10, einen DC/DC-Wandler 42, eine Steuerung 44 und eine Befeuchtungseinrichtung 46.

Der Brennstoffzellenaufbau 10 liefert einen DC-Strom und eine DC-Spannung, nachstehend als DC-Stapelstrom und DC-Stapelspannung bezeichnet, an den Eingang des DC/DC-Wandlers 42. Der DC/DC-Wandler 42 wandelt den DC-Stapelstrom und die DC-Stapelspannung in einen DC-Ausgangsstrom und eine DC-Ausgangsspannung um. Der DC-Ausgangsstrom und die DC-Ausgangsspannung sind mit einer Last 30 verbunden. Die Elektronik des DC/DC-Wandlers 42 erzeugt eine hochfrequente AC-Welligkeit an dem DC-Ausgangsstrom und der DC-Ausgangsspannung. Der DC/DC-Wandler 42 verleiht dem DC-Stapelstrom und der DC-Stapelspannung auch eine hochfrequente AC-Welligkeit. Die Stapelstromkomponente mit AC-Welligkeit und die Stapelspannungskomponente mit AC-Welligkeit können dazu verwendet werden, den Hochfrequenzwiderstand des Brennstoffzellenaufbaues 10 zu berechnen. Die Stapelstromkomponente mit AC-Welligkeit ist ein alternierendes Signal mit kleiner Amplitude relativ zu dem DC-Stapelstrom. Die Stapelspannungskomponente mit AC-Welligkeit ist ein alternierendes Signal mit kleiner Amplitude relativ zu der DC-Stapelspannung. Die Frequenz der Stapelstromkomponente mit AC-Welligkeit und der Stapelspannungskomponente mit AC-Welligkeit liegt typischerweise in dem Frequenzbereich von 1–20 kHz. Typischerweise ist der DC/DC-Wandler 42 ein Verstärkungswandler (Boost-Wandler), um die Spannung von dem Brennstoffzellenaufbau 10

auf einen für ein Elektrofahrzeug erforderlichen Betriebsbereich zu erhöhen oder zu verstärken.

Die Befeuchtungseinrichtung 46 befeuchtet den Brennstoffzellenaufbau 10 auf eine der vorher beschriebenen Arten. Die Steuerung 44 bestimmt das Feuchtigkeitsniveau des Brennstoffzellenaufbaues 10 und steuert die Befeuchtungseinrichtung 46 in Ansprechen auf das bestimmte oder tatsächliche Feuchtigkeitsniveau. Mit anderen Worten verwendet die Steuerung 44 eine Rückkopplung, die durch den DC/DC-Wandler 42 erzeugt wird, um die Befeuchtung des Brennstoffzellenaufbaues 10 zu steuern.

Bei diesem System 40 variiert der Widerstand des Brennstoffzellenaufbaues 10 als eine Funktion des Feuchtigkeitsniveaus des Aufbaus 10. Insbesondere variiert der Hochfrequenzwiderstand der Brennstoffzellenmembran 14 als eine Funktion des Feuchtigkeitsniveaus des Brennstoffzellenaufbaues 40. Somit wird der Widerstand der Brennstoffzellenmembran 14 bei der vorliegenden Erfindung als ein Maß für das Feuchtigkeitsniveau des Brennstoffzellenaufbaues 10 verwendet. In einem Fahrzeug, das einen Stapel oder eine Vielzahl von benachbarten Brennstoffzellen enthält, kann das System 40 so ausgestaltet sein, daß der gesamte Stapel, jede Brennstoffzelle in dem Stapel, vorab gewählte Brennstoffzellen oder eine einzelne Brennstoffzelle gemessen werden kann.

Um den Hochfrequenzwiderstand der Brennstoffzellenmembran 14 berechnen zu können, mißt die Steuerung 44 die Amplitude der Stapelstromkomponente mit AC-Welligkeit und die Amplitude der Stapelspannungskomponente mit AC-Welligkeit und dividiert die gemessene Amplitude der Stapelspannungskomponente mit AC-Welligkeit durch die gemessene Amplitude der Stapelstromkomponente mit AC-Welligkeit. In dem Falle, wenn die beiden AC-Signale in Phase sind, ist der Hochfrequenzwiderstand gleich dem Verhältnis von AC-Spannung/AC-Strom. In dem Falle, wenn die beiden AC-Signale nicht in Phase sind, wird der Phasenwinkel zwischen den beiden AC-Signalen überwacht und der Hochfrequenzwiderstand der Brennstoffzellenmembran 14 wird durch den Realteil der Impedanz dargestellt, die durch das Verhältnis von AC-Spannung/AC-Strom und dem Phasenwinkel der Stapelspannungskomponente mit AC-Welligkeit relativ zu der Stapelstromkomponente mit AC-Welligkeit definiert ist.

Die Steuerung 44 verwendet den berechneten Hochfrequenzwiderstand der Brennstoffzellenmembran 14 zur Verwendung einer Steuerstrategie, um die Membran 14 ausreichend befeuchtet, aber nicht mit Wasser geflutet zu halten. Allgemein ist, wenn der berechnete Hochfrequenzwiderstand der Brennstoffzellenmembran 14 zu hoch oder über einem vorbestimmten Nennwert oder -bereich liegt, dann die Membran zu trocken und die Steuerung 44 ist so programmiert, um der Befeuchtungseinrichtung zu signalisieren, daß die Menge der Befeuchtung für den Brennstoffzellenaufbau 10 erhöht werden muß. Wenn der Hochfrequenzwiderstand der Brennstoffzellenmembran 14 zu niedrig oder unter einem vorbestimmten Nennwert oder -bereich liegt und die Brennstoffzellenleistungsfähigkeit unter Norm liegt, dann ist die Membran mit Wasser geflutet und die Steuerung 44 ist programmiert, um der Befeuchtungseinrichtung zu signalisieren, daß die Menge an Feuchtigkeit für den Brennstoffzellenaufbau 10 verringert werden muß. Der vorbestimmte Nennwert oder -bereich, der dazu verwendet wird, die optimale Leistungsfähigkeit von einer bestimmten Brennstoffzelle zu erhalten, variiert mit Zellkomponenten und Befeuchtungsstrategien.

Das Fluten bewirkt einen Verlust der Brennstoffzellenleistungsfähigkeit, da das überschüssige Wasser die Strömung von Reaktandengas zu dem MEA blockiert. Eine Brenn-

stoffzellenmembran kann vollständig gesättigt, aber noch nicht geflutet sein. Untersuchungen haben gezeigt, daß der Widerstand einer Membran einen Minimalwert erreicht, wenn die Membran vollständig gesättigt ist. Überwachen haben ergeben, daß bei bestimmten Typen von Brennstoffzellen die optimale Leistungsfähigkeit in einem vorbestimmten Hochwiderstandsbereich zwischen etwa 0,001 und 0,01 Ohm cm² über dem minimalen Hochfrequenzwiderstandswert für die Membran liegt. Innerhalb dieses Bereiches ist die Membran gut befeuchtet und leitet effizient Protonen, befindet sich aber noch nicht in einem gefluteten Zustand.

Die Steuerung 44 umfaßt einen Komparator oder einen ähnlichen Vorrichtungstyp, um den berechneten Hochfrequenzwiderstand und den vorbestimmten Hochfrequenznennwiderstand zu vergleichen und die Differenz oder Abweichung zwischen den beiden Widerstandswerten zu bestimmen. Die Abweichung zwischen den beiden Widerstandswerten wird durch die Steuerung 44 verwendet, um die Menge an Wasser einstellen zu können, die durch die Befeuchtungseinrichtung 46 an den Kathodenströmungskanal 26 und den Anodenströmungskanal 28 geliefert wird. Bei einer Ausführungsform wird die Abweichung zwischen den beiden Widerstandswerten durch die Steuerung 44 dazu verwendet, die richtige Größe der Befeuchtungseinstellung in einer Nachschlagetabelle zu ermitteln. Bei einer anderen Ausführungsform wird die Abweichung zwischen den beiden Widerstandswerten dazu verwendet, die richtige Größe der Befeuchtungseinstellung zu berechnen.

Die vorliegende Erfindung sieht auch ein Verfahren zur Steuerung des Feuchtigkeitsniveaus einer Brennstoffzelle vor. Die Schritte des Verfahrens umfassen: Bestimmen des Feuchtigkeitsniveaus der Brennstoffzelle; und Befeuchten der Brennstoffzelle auf ein vorbestimmtes Feuchtigkeitsniveau oder innerhalb eines vorbestimmten Bereiches in Ansprechen auf das vorbestimmte Feuchtigkeitsniveau.

Wie vorher beschrieben wurde, ist der Widerstand einer Brennstoffzelle ein Maß für das Feuchtigkeitsniveau der Brennstoffzelle. Somit umfaßt bei einem bevorzugten Verfahren der Schritt zur Bestimmung des Feuchtigkeitsniveaus der Brennstoffzelle die Bestimmung des Widerstandes der Brennstoffzelle.

Die Brennstoffzelle sieht einen DC-Strom und eine DC-Spannung vor. Bei einer Ausführungsform des Verfahrens umfaßt der Schritt zur Bestimmung des Widerstandes der Brennstoffzelle die Schritte: Aufbringen einer Stromkomponente mit AC-Welligkeit auf den DC-Strom und einer Spannungskomponente mit AC-Welligkeit auf die DC-Spannung durch einen DC/DC-Wandler; Messen der Amplitude der Stromkomponente mit AC-Welligkeit und der Amplitude der Spannungskomponente mit AC-Welligkeit; und Messen des Phasenwinkels der Stromkomponente mit AC-Welligkeit und des Phasenwinkels der Spannungskomponente mit AC-Welligkeit. Wenn die beiden AC-Signale in Phase sind, wird der Widerstand der Brennstoffzelle durch Division der Amplitude der Spannungskomponente mit AC-Welligkeit durch die Amplitude der Stromkomponente mit AC-Welligkeit berechnet. Wenn die beiden AC-Signale nicht in Phase sind, wird der Phasenwinkel der Spannungskomponente mit AC-Welligkeit relativ zu der Stromkomponente mit AC-Welligkeit bestimmt und der Widerstand der Brennstoffzelle durch den Realteil der Impedanz dargestellt, die durch die Spannungskomponente mit AC-Welligkeit dividiert durch die Stromkomponente mit AC-Welligkeit und den Phasenwinkel der Spannungskomponente mit AC-Welligkeit relativ zu der Stromkomponente mit AC-Welligkeit definiert ist.

Um die Wirksamkeit des Systems und des Verfahrens zu

demonstrieren, wurde die vorliegende Erfindung an einer einzelligen Brennstoffzelle mit einer aktiven Fläche von 50 cm² simuliert. Die Brennstoffzelle wurde unter den folgenden Bedingungen betrieben: 80°C, 150 kPa absolut, 15 Ampere Konstantstrom, 100% Wasserstoffzufuhr an die Anode bei einer Stöchiometrie von 2,0, Luftzufuhr an die Kathode mit einer Sauerstoffstöchiometrie von 2,0. Die Befeuchtung des Wasserstoffeinlaßstromes und des Lufteinlaßstromes wurden variiert, wie in Fig. 3A gezeigt ist, während der Hochfrequenzwiderstand der Brennstoffzelle, wie in Fig. 3B gezeigt ist, und die Spannung der Brennstoffzelle, wie in Fig. 3C gezeigt ist, überwacht wurden. Typischerweise ist die Spannung einer Brennstoffzelle ein Maß des Wirkungsgrades der Zelle.

Fig. 3A ist ein Diagramm des Feuchtigkeitsniveaus des Brennstoffzelleneinlaßstromes in Abhängigkeit einer vorbestimmten Zeitperiode. Fig. 3B ist ein Diagramm des Hochfrequenzwiderstandes in Abhängigkeit derselben vorbestimmten Zeitperiode. Fig. 3C ist ein Diagramm der Zellenspannung in Abhängigkeit derselben vorbestimmten Zeitperiode. Somit zeigen die Fig. 3A-3C gemeinsam die Beziehung zwischen dem Feuchtigkeitsniveau einer Brennstoffzelle, dem Hochfrequenzwiderstand der Brennstoffzelle bzw. dem Wirkungsgrad der Brennstoffzelle.

Die Simulation besteht aus zwei Abschnitten, die nachfolgend als Untersuchungsabschnitt 1 und Untersuchungsabschnitt 2 bezeichnet sind. In den Fig. 3A-3C ist Untersuchungsabschnitt 1 allgemein mit 50 bezeichnet und Untersuchungsabschnitt 2 ist allgemein mit 52 bezeichnet. Genauer wurde Untersuchungsabschnitt 1 während einer Zeitperiode von 0 bis 12 Stunden und Untersuchungsabschnitt 2 während einer Zeitperiode von 12 bis 36 Stunden ausgeführt.

Während des Untersuchungsabschnittes 1 wurde die Kathodenbefeuchtung, die in Fig. 3A mit einer gestrichelten Linie dargestellt ist, konstant bei 50% relativer Feuchte gehalten, und die Anodenbefeuchtung, die in Fig. 3A mit einer durchgezogenen Linie dargestellt ist, wurde von 100% relativer Feuchte auf 12% relativer Feuchte verringert. In Ansprechen auf die Verringerung der Anodenbefeuchtung stieg der gemessene Hochfrequenzwiderstand der Brennstoffzelle von seinem Nennwert bei vollständiger Befeuchtung von etwa 0,05 Ohm cm² auf 0,10 Ohm cm² und die Zellenspannung fiel von etwa 0,77 Volt auf etwa 0,75 Volt infolge von unzureichendem Wasser in der Brennstoffzelle.

Während des Untersuchungsabschnittes 2 wurde die Anodenbefeuchtung angehoben und konstant bei 73% relativer Feuchte gehalten, und die Kathodenbefeuchtung wurde von 100% relativer Feuchte auf etwa 10% relativer Feuchte verringert. In Ansprechen auf die Verringerung der Kathodenbefeuchtung stieg der gemessene Hochfrequenzwiderstand der Brennstoffzelle von seinem Nennwert bei vollständiger Befeuchtung von etwa 0,05 Ohm cm² auf 0,25 Ohm cm², und die Zellenspannung fiel von etwa 0,77 Volt auf etwa 0,72 Volt infolge von unzureichend Wasser in der Brennstoffzelle.

Die Leistungsfähigkeit einer Brennstoffzelle kann an dem minimalen Hochfrequenzwiderstandswert der Brennstoffzelle unter Norm oder nicht unter Norm liegen. Beispielsweise besaß bei dieser Untersuchung die Brennstoffzelle einen minimalen Hochfrequenzwiderstandswert von 0,05 Ohm cm² und es würde kein Verlust bei der Brennstoffzelleneistungsfähigkeit oder mit anderen Worten keine Verringerung der Brennstoffzellenspannung beobachtet, wenn der Hochfrequenzwiderstand auf den minimalen Widerstandswert abfiel. Wenn jedoch zu den Einlaßströmen mehr Wasser hinzugefügt worden wäre, während der Hochfrequenzwiderstand bei dem minimalen Widerstandswert lag, wäre ein gefluteter Zustand eingetreten, der eine Verringerung der

Zellenspannung zur Folge gehabt hätte. Eine Verringerung der Leistungsfähigkeit einer Brennstoffzelle infolge von Fluten ist am besten in Fig. 4 veranschaulicht.

Demgemäß verifiziert diese Simulation, daß der Wirkungsgrad einer Brennstoffzelle eine Funktion der Befeuchtung der Brennstoffzelle ist, und daß der Hochfrequenzwiderstand einer Brennstoffzelle ein Maß für das Feuchtigkeitsniveau der Brennstoffzelle ist.

Fig. 4 ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen dem Strom einer Brennstoffzelle, der mit einer durchgezogenen Linie dargestellt ist, und dem Hochfrequenzwiderstand der Brennstoffzelle, der mit einer gestrichelten Linie dargestellt ist, bei verschiedenen Feuchtigkeitsniveaus zeigt. Die Daten für Fig. 4 wurden aus einer einzelligen Brennstoffzelle mit einer aktiven Fläche von 50 cm^2 erhalten. Die Brennstoffzelle wurde unter den folgenden Bedingungen betrieben: 80°C , 150 kPa absolut, $100\% \text{ H}_2$ -Zufuhr an die Anode bei einer Stöchiometrie von 2,0, Luftzufuhr an die Kathode bei einer Stöchiometrie von 2,0 Sauerstoff. Die relative Feuchtigkeit der Anode und der Kathode wurde gleich zueinander gehalten, und es wurden Festzustandsdaten bei sieben verschiedenen Befeuchtungsbedingungen erhalten. Die Brennstoffzellenspannung wurde bei $0,6 \text{ Volt}$ konstant gehalten, während der Strom und der Hochfrequenzwiderstand überwacht wurden. Fig. 4 zeigt das Ansprechen des Stromes und des Hochfrequenzwiderstandes auf Änderungen der relativen Feuchtigkeit der Anoden- und Kathodeneinlaßströme. Bei einer übermäßigen Befeuchtung, die in Fig. 4 als der geflutete Zustand bezeichnet ist, fiel der Strom infolge der Anwesenheit von überschüssigem flüssigem Wasser und einer Blockierung der Reaktionsgase ab. Bei einer niedrigen Befeuchtung, die in Fig. 4 als der Trockenzustand bezeichnet ist, fiel der Strom infolge des Trocknens der Membran ab, wie durch den Anstieg des Hochfrequenzwiderstandes während dieses Zustandes gezeigt ist. Fig. 4 zeigt, daß der optimale Betrieb dieser bestimmten Brennstoffzelle bei einem Hochfrequenzwiderstandsbereich von $0,06\text{--}0,07 \text{ Ohm cm}^2$ auftritt. Somit sichert eine Beibehaltung des Hochfrequenzwiderstandes innerhalb dieses Bereiches eine optimale Brennstoffzellenleistungsfähigkeit.

Demgemäß verifiziert diese Simulation, daß jede bestimmte Brennstoffzelle einen Hochfrequenzwiderstandsbereich aufweist, in welcher die Brennstoffzelle am optimalsten oder effizientesten arbeitet.

Patentansprüche

1. System zur Steuerung des Feuchtigkeitsniveaus einer Brennstoffzelle mit:
einer Befeuchtungseinrichtung zur Befeuchtung der Brennstoffzelle; und
einer Steuerung zur Bestimmung des Feuchtigkeitsniveaus der Brennstoffzelle und zur Steuerung der Befeuchtungseinrichtung in Ansprechen auf das bestimmte Feuchtigkeitsniveau.
2. System nach Anspruch 1, wobei der Widerstand der Brennstoffzelle als eine Funktion des Feuchtigkeitsniveaus der Brennstoffzelle variiert.
3. System nach Anspruch 2, wobei die Steuerung einen Widerstand der Brennstoffzelle berechnet.
4. System nach Anspruch 2, wobei die Brennstoffzelle eine Membran umfaßt und die Steuerung einen Widerstand der Membran berechnet.
5. System nach Anspruch 4, wobei die Brennstoffzelle einen DC-Strom und eine DC-Spannung liefert und einen DC/DC-Wandler umfaßt, der eine Stromkomponente mit AC-Welligkeit auf den DC-Strom und eine

Spannungskomponente mit AC-Welligkeit auf die DC-Spannung aufbringt.

6. System nach Anspruch 5, wobei der Widerstand der Membran durch Division der Spannungskomponente mit AC-Welligkeit durch die Stromkomponente mit AC-Welligkeit berechnet wird.

7. System nach Anspruch 5, wobei die Spannungskomponente mit AC-Welligkeit und die Stromkomponente mit AC-Welligkeit jeweils einen Phasenwinkel aufweisen und der Widerstand der Membran durch einen Realteil der Impedanz dargestellt ist, die durch die Spannungskomponente mit AC-Welligkeit dividiert durch die Stromkomponente mit AC-Welligkeit und den Phasenwinkel der Spannungskomponente mit AC-Welligkeit relativ zu dem Phasenwinkel der Stromkomponente mit AC-Welligkeit definiert ist.

8. System nach Anspruch 1, wobei die Steuerung das Feuchtigkeitsniveau der Brennstoffzelle auf einem vorbestimmten Niveau beibehält.

9. System nach Anspruch 1, wobei die Steuerung das Feuchtigkeitsniveau der Brennstoffzelle innerhalb eines vorbestimmten Bereiches beibehält.

10. System zur Steuerung des Feuchtigkeitsniveaus einer Brennstoffzelle mit:

einer Brennstoffzelle zur Lieferung eines DC-Stromes und einer DC-Spannung;

einen DC/DC-Wandler, der eine Stromkomponente mit AC-Welligkeit auf den DC-Strom und eine Spannungskomponente mit AC-Welligkeit auf die DC-Spannung aufbringt;

einer Befeuchtungseinrichtung zur Befeuchtung der Brennstoffzelle und

einer Steuerung zur Messung der Stromkomponente mit AC-Welligkeit und der Spannungskomponente mit AC-Welligkeit, zur Bestimmung des Feuchtigkeitsniveaus der Brennstoffzelle und zur Steuerung der Befeuchtungseinrichtung in Ansprechen auf das bestimmte Feuchtigkeitsniveau.

11. System nach Anspruch 10, wobei der Widerstand der Brennstoffzelle als eine Funktion des Feuchtigkeitsniveaus der Brennstoffzelle variiert.

12. System nach Anspruch 11, wobei die Steuerung einen Widerstand der Brennstoffzelle durch Division der Spannung mit AC-Welligkeit durch den Strom mit AC-Welligkeit berechnet.

13. System nach Anspruch 11, wobei die Spannungskomponente mit AC-Welligkeit und die Stromkomponente mit AC-Welligkeit jeweils einen Phasenwinkel aufweisen, und der Widerstand der Brennstoffzelle durch einen Realteil der Impedanz dargestellt ist, die durch die Spannungskomponente mit AC-Welligkeit dividiert durch die Stromkomponente mit AC-Welligkeit und den Phasenwinkel der Spannungskomponente mit AC-Welligkeit relativ zu dem Phasenwinkel der Stromkomponente mit AC-Welligkeit definiert ist.

14. System nach Anspruch 10, wobei die Steuerung das Feuchtigkeitsniveau der Brennstoffzelle auf einem vorbestimmten Niveau beibehält.

15. System nach Anspruch 10, wobei die Steuerung das Feuchtigkeitsniveau der Brennstoffzelle innerhalb eines vorbestimmten Bereiches beibehält.

16. Verfahren zur Steuerung des Feuchtigkeitsniveaus einer Brennstoffzelle mit den Schritten:

Bestimmung des Feuchtigkeitsniveaus der Brennstoffzelle; und

Befeuchtung der Brennstoffzelle in Ansprechen auf das bestimmte Feuchtigkeitsniveau.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei der Schritt zur

Bestimmung des Feuchtigkeitsniveaus der Brennstoffzelle die Bestimmung des Feuchtigkeitsniveaus der Brennstoffzelle als eine Funktion des Widerstandes der Brennstoffzelle umfaßt.

18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei der Schritt zur Bestimmung des Feuchtigkeitsniveaus der Brennstoffzelle als einer Funktion des Widerstandes der Brennstoffzelle die Bestimmung des Widerstandes der Brennstoffzelle umfaßt.

19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei die Brennstoffzelle einen DC-Strom und eine DC-Spannung liefert, und der Schritt zur Bestimmung des Widerstandes der Brennstoffzelle die Schritte umfaßt, daß eine Stromkomponente mit AC-Welligkeit auf den DC-Strom und eine Spannungskomponente mit AC-Welligkeit auf die DC-Spannung aufgebracht wird, die Amplitude der Stromkomponente mit AC-Welligkeit und die Amplitude der Spannungskomponente mit AC-Welligkeit gemessen wird und die Amplitude der Spannungskomponente mit AC-Welligkeit durch die Amplitude der Stromkomponente mit AC-Welligkeit dividiert wird.

20. Verfahren nach Anspruch 18, wobei die Brennstoffzelle einen DC-Strom und eine DC-Spannung liefert, und der Schritt zur Bestimmung des Widerstandes der Brennstoffzelle die Schritte umfaßt, daß eine Stromkomponente mit AC-Welligkeit auf den DC-Strom und eine Spannungskomponente mit AC-Welligkeit auf die DC-Spannung aufgebracht wird, die Amplitude der Stromkomponente mit AC-Welligkeit und die Amplitude der Spannungskomponente mit AC-Welligkeit gemessen wird; der Phasenwinkel der Stromkomponente mit AC-Welligkeit und der Phasenwinkel der Spannungskomponente mit AC-Welligkeit gemessen wird, die Amplitude der Spannungskomponente mit AC-Welligkeit durch die Amplitude der Stromkomponente mit AC-Welligkeit dividiert wird und der Phasenwinkel der Spannungskomponente mit AC-Welligkeit relativ zu der Stromkomponente mit AC-Welligkeit bestimmt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 16, wobei der Schritt zur Befeuchtung der Brennstoffzelle in Ansprechen auf das bestimmte Feuchtigkeitsniveau die Befeuchtung der Brennstoffzelle auf ein vorbestimmtes Niveau in Ansprechen auf das bestimmte Feuchtigkeitsniveau umfaßt.

22. Verfahren nach Anspruch 16, wobei der Schritt zur Befeuchtung der Brennstoffzelle in Ansprechen auf das vorbestimmte Feuchtigkeitsniveau eine Befeuchtung der Brennstoffzelle innerhalb eines vorbestimmten Bereiches in Ansprechen auf das bestimmte Feuchtigkeitsniveau umfaßt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

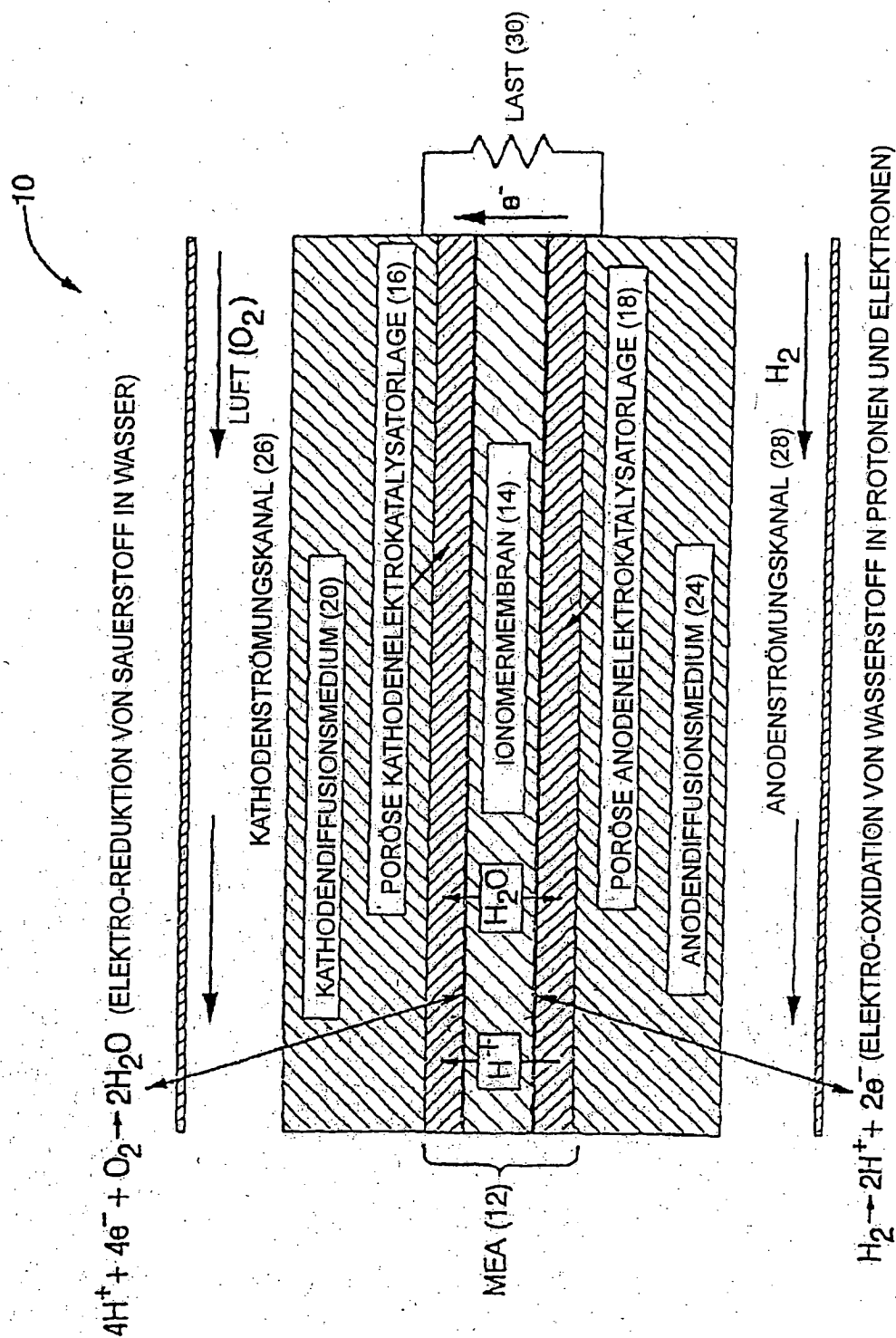


FIG. 1

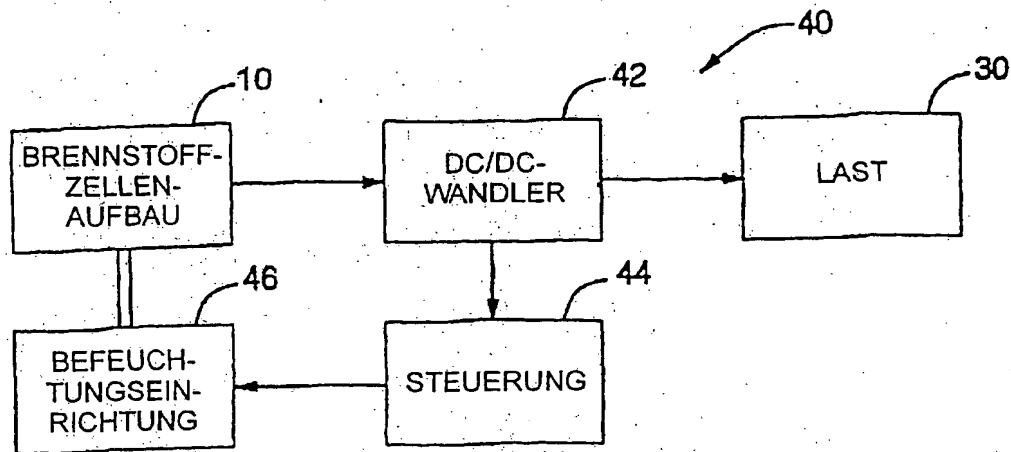


FIG. 2

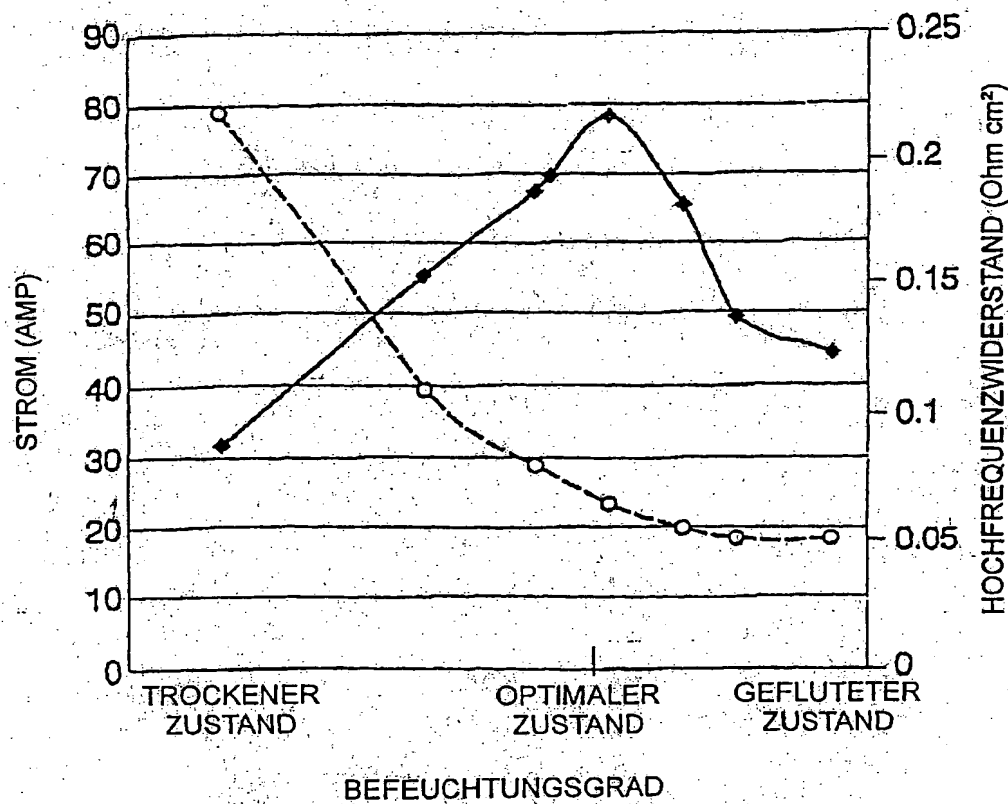


FIG. 4

